

1. Esittele lyhyesti

- Maasulkuvirran kompensoinnin toteutusperiaatteet ja kompensoinnista saatavat hyödyt (4p)
- Keskijänniteverkkoon kytkeytyvän hajautetun tuotannon vaikutukset sähköjakeluverkon suojaukseen (4p)
- 1000 V:n sähköjakelujärjestelmä, sen teknis-taloudelliset käyttökohteet ja hyödyt (3p)
- Keskijännitejohdon taloudellisen mitoittamisen periaate (3p)

2. Tarkastellaan neljän keskijännitelähdön muodostamaa sähköjakeluverkkoa, jota syöttävän sähköaseman kiskon pääjännite on 21 kV. Seuraavassa on annettu tehtävän muut alkuarvot:

Lähtö	Johdinlaji	Pituus
1	avojohto	60 km
2	maakaapeli	20 km
3	maakaapeli	15 km
4	maakaapeli	3 km

Impedanssit:

- avojohto: $r = 0,54 \Omega/\text{km}$, $x = 0,38 \Omega/\text{km}$
- maakaapeli: $r = 0,18 \Omega/\text{km}$, $x = 0,085 \Omega/\text{km}$
- 110 kV verkon ja päämuuntajan yhteenlasketut 20 kV puolelle redusoidut impedanssiarvot: $X = 2,5 \Omega$ ja $R = 0,2 \Omega$

Kapasitanssitiedot [maakapasitanssi/vaihe]

avojohto 6,0 nF/km ja maakaapeli 230,0 nF/km

- Paljonko voidaan siirtää tehoa lähdön 1 avojohdolla (60 km), jos johdolla sallitaan 5 % jännitteenalenema. Paljonko johdolla syntyy silloin tehohäviöitä? (2p)
- Lähdöllä 1 sattuu 2-vaiheinen oikosulku 25 km päässä sähköasemalta. Laske vikavirran suuruus. (vikaimpedanssi $Z_f = 0 \Omega$) (3p)
- Kuinka syvä jännitekuoppa (jännösjännite prosentteina) näkyy pääjännitteissä sähköasemalla 20 kV kiskossa, jos lähdöllä 2 tapahtuu 3-vaiheinen vika 8 km päässä sähköasemalta? (2p)
- Lähdön 1 alussa sattuu yksivaiheinen maasulku. Laske maasulkuvirta ja nollajännite. (Vikaresistanssi $R_f = 0 \Omega$) (3p)

3. Verkkoyhtiösi jakelualueelle on suunnitteilla uusi pienteollisuusalue ja sinun tehtäväsi on huolehtia alueen sähköistyksestä. Rakennettavan keskijännitejohdon pituus on 8 km, ja kuormituksen oletettu keskiteho 1,8 MW. Vaihtoehtoina ovat 85 mm² avojohto (Pigeon, investointikust. 20870 €/km, $r = 0,337 \Omega/\text{km}$) ja 70 mm² päällystetty avojohto (SAX 70, investointikust. 24730 €/km, $r = 0,493 \Omega/\text{km}$).
- a) Laskentakorko on 6 %, $\cos\phi = 1$, häviöiden hinta on 80 €/kW, ja laskentajännite johdon loppupäässä on 20 kV. Tehon oletetaan kasvavan 2 %/a koko 20 vuoden tarkastelujakson ajan. Kumpi johto kannattaa valita taloudellisin perustein? Perustele vastauksesi laskelmin. (3p)
- b) Jos keskeytyskustannuksetkin huomioidaan koko tarkasteluajalta, niin kumpi johto kannattaa tällöin valita? Perustele vastauksesi laskelmin. Avojohtod vikataajuus vuodessa on 5 vikaa/100 km ja PAS-johdon 2 vikaa/100 km, vian keskimääräinen korjausaika on 2 h sekä keskeytyskustannusten arvostus 1,5 €/kW ja 12 €/kWh. (3p)

Talousmatematiikan kaavoja:

$$\varepsilon = \frac{(1+r/100)^2}{1+p/100}$$

$$\varepsilon = \frac{(1+r/100)}{1+p/100}$$

$$\kappa = \varepsilon \frac{\varepsilon^T - 1}{\varepsilon - 1}$$

$$a = \frac{p/100}{\left[1 - \left(\frac{1}{1+p/100} \right)^t \right]}$$